

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-109135

(43) 公開日 平成7年(1995)4月25日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 0 3 B 20/00				
37/012	A			
// G 0 2 B 6/00	3 5 6 A	7036-2K		

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平5-312711

(22) 出願日 平成5年(1993)11月18日

(31) 優先権主張番号 特願平4-332203

(32) 優先日 平4(1992)11月19日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平5-226670

(32) 優先日 平5(1993)8月20日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000190138  
信越石英株式会社  
東京都新宿区西新宿1丁目22番2号

(71) 出願人 592256036  
ヘラウス・クワルツグラス・ゲーエムベー  
ハー  
HERAEUS Quarzglas G  
mbH  
ドイツ連邦共和国、6450ハナウ、クアルツ  
シュトラッセ (番地なし)

(74) 代理人 弁理士 服部 平八

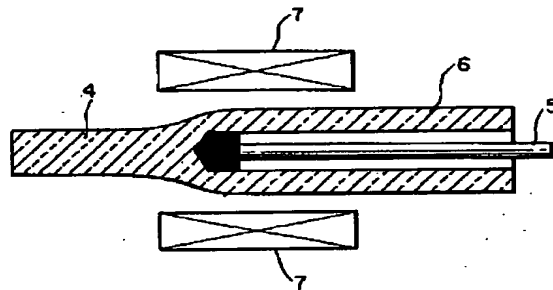
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 大型石英ガラス管、大型石英ガラスプリフォーム及びそれらの製造方法

## (57) 【要約】

【目的】 高品位の光ファイバを量産化、低コスト化できる大型の高精度の大型石英ガラス管、および該石英ガラス管を用いた大型石英ガラスプリフォームを提供すること。

【構成】 天然または合成石英ガラスインゴットを熱間炭素圧入法により機械的に加工して得た外径50～300mmφ、外径/内径比=1.1～7、厚さ10mm以上、厚さ誤差2%以下の大型石英ガラス管、および前記大型石英ガラス管と光ファイバ用コアガラスロッドとをロッドインチューブ法で一体化してなる大型石英ガラスプリフォーム。上記大型石英ガラス管は大型石英ガラスインゴットの中心を熱間炭素ドリル圧入法により孔明し、外径50～300mmφ、外径/内径比1.1～7、厚さ10mm以上、厚さ誤差2%以下に正確に外周研削することにより製造される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 熱間炭素ドリル圧入法により形成された外径50～300mmφ、外径／内径比＝1.1～7、厚さ10mm以上、厚さ誤差2%以下の大型石英ガラス管。

【請求項2】 石英ガラスが高純度天然石英ガラスまたは合成石英ガラスであることを特徴とする請求項1記載の大型石英ガラス管。

【請求項3】 請求項1または2記載の大型石英ガラス管と、光ファイバ用コアガラスロッドとをロッドインチューブ法で一体化してなる大型石英ガラスプリフォーム。

【請求項4】 大型石英ガラスインゴットの中心を熱間炭素ドリル圧入法により孔明し、外径50～300mmφ、外径／内径比1.1～7、厚さ10mm以上、厚さ誤差2%以下に正確に外周研削することを特徴とする大型石英ガラス管の製造方法。

【請求項5】 請求項1または2記載の大型石英ガラス管と光ファイバ用コアガラスロッドとをロッドインチューブ法で一体化することを特徴とする大型石英ガラスプリフォームの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、熱間炭素ドリル圧入法により開孔形成した大口徑で肉厚な大型石英ガラス管、偏芯率が小さく、伝送特性に優れ、かつ量産性、低コスト化が可能な光ファイバ用プリフォーム、特に石英ガラス管とシングルモード用光ファイバコアガラスロッドとをロッドインチューブ法で一体化した大型石英ガラスプリフォーム、およびそれらの製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、光ファイバ特にシングルモード光ファイバの実用化に伴い大量の光ファイバが利用されるようになった。主たる製造方法としては、VAD法（気相軸付法）、OVD法（外付法）、MCVD法（内付法）があり、これら3種の製造法で作られる製品だけで、世界のマーケットのほとんどが占められている。然しながら、光ファイバが長距離幹線から一般加入者系へと利用範囲が拡大する段階に至り、今後更に大量の光ファイバが必要となることが予測されているが、従来から知られている前記3方法だけでは、生産性、及びコスト面からいずれも限界に達したと考えられている。

【0003】 石英ガラス系光ファイバに関する研究は既に20年を经过おり、伝送特性と実用上の信頼性については既に究極まで検討されているので、この特性を維持したまま量産性、低コスト化が可能な、新たな製造方法の開発は困難である。

【0004】 量産性、低コスト化を達成するための1つに、プリフォームを大型化し、これを300m/min以上の高速度で線引し、装置あたりの生産性を高めるこ

とで量産化と低コスト化が得られ、同時に評価コストや乱尺の防止による低コスト化も期待できると考えられている。然るに、上記3方法は小さな実験室規模から出発し、特性を重視して検討されていたため、光ファイバ特性としては優れているものの、量産性、低コスト化には問題があり、1本のプリフォームで製造可能なファイバ長さはMCVD法では15km～30km、VAD法、OVD法では100km～200kmが限界となっている。

【0005】 確かに、上記3製造方法は光ファイバの伝送部を製造するに適した方法ではあるが、クラッド部も同時に製作することは量産性、低コスト化において決して適した方法とはいえない。例えばグレーデッドインデックスファイバあるいはシングルモードファイバに於て光ファイバ断面積の80%以上を占めるクラッド部を高効率で低コスト化が可能な他の方法により製造し、それを前記3方法と組み合わせるならば優れた製造方法になると考えられ、例えばVAD法で作られたコアガラスロッド上にOVD法でクラッド部を合成付着し、それを光ファイバ用素材として使用することが既に実行されている。この製造方法では、細く短いコアガラスロッドを用いるため、クラッドの合成付着効率が低く、又各コアガラスロッド毎に合成するため量産性や低コスト化に限界があった。

【0006】 本発明者等は、上記従来法を検討した結果、コアガラスロッドとクラッド部とを分離し、クラッド部だけを独立に効率よく作成し、これを合体させれば前記諸問題が解決できると考え、ロッドインチューブ法がその最適な製造方法であるとの結論に達した。

【0007】 しかしながら、従来のロッドインチューブ法には問題があった。第一に石英ガラス管の寸法に問題があった。従来、用いられていた石英管の寸法は、小口径（外径15～30mmφ、厚さ1～6mm）であり、寸法精度が外径で約10%、厚さで20～30%の変動があった。ロッドインチューブ法でこうした管にコアガラスロッドを挿入する場合、長さ、太さ、熟練度にもよるがガラス管内壁との接触防止の目的で数mm少なくとも1～2mmのクリアランスを必要とした。このように、径が細いこと、管の寸法誤差が大きいこと、広いクリアランスを必要としたことが重なって、ロッドインチューブ法で一体化したプリフォームに偏芯が生じ、それが結果的に光ファイバの大きな偏芯率となって現れ、特にシングルモードファイバの一括多芯接続工事での接合損失を想定した場合、ロッドインチューブ法はメリットのない製造方法となっていた。

【0008】 一方、石英ガラス管にロッドインするコアガラスロッドは同一条件で作成しても特性がバラツキ、またファイバ仕様、ユーザーの特徴、製造法によっても特性が変わる。こうした条件に対応するには各種寸法の高精度石英ガラス管が必要である。これら各種寸法の高

精度石英ガラス管を機械的研削等により各々作成することは寸法精度的には優れていたが多くの作業時間を要し、量産化、低コスト化が困難であり、加熱延伸法で作成する場合には量産性、低コスト化が可能であるが原管の寸法精度が悪いと加熱延伸時に大きく増幅され目標寸法の石英ガラス管を精度よく製造することが困難であった。

【0009】上記問題に加えて、ロッドインチューブ法は石英ガラス管内面とコアガラスロッド外面との融着面に異物の混入や気泡の発生が現れる等の欠点を有していた。これはロッドインチューブ法を実施する時の雰囲気や洗浄方法にも左右されるが、石英ガラス管の内面仕上げにも問題があった。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明者等はこうした現状の問題点を鋭意検討した結果、現状で実績のある上記3方法を改良し大型化するため、大口径で肉厚の石英ガラス管を形成し、それと光ファイバ用コアガラスロッドとをロッドインチューブ法で一体化し大型プリフォームとすると、シングルモード光ファイバでの偏芯率等の品質がよく、量産性、低コスト化が同時に満足されることを見出した。そして、上記ロッドインチューブ法に関する諸問題は、大型の石英ガラスインゴット、特に石英ガラス中の不純物や異物を除去し、脱水し、屈折率がコントロールされた大型の高純度合成石英ガラスインゴットを、大型機械で内、外面を研削、研磨し、正確な寸法精度に仕上げ、弗酸エッチング処理し、外径50～300mmφで厚さ誤差2%以下である大型石英ガラス管とし、前記大型石英ガラス管と光ファイバコアガラスロッドとを組合せてロッドインチューブ法で一体化することにより解決でき、大型プリフォームの作成が可能となり、この大型プリフォーム1本で3000km以上の高品位の光ファイバが連続的に容易に製造できることを見出した。

【0011】上記大型機械による研削加工で精密研削加工は可能となり、寸法精度は大きく向上したが、一方、研削表面に研削による表面粗さ、マイクロクラック、ヒビ割れ、加工歪等の各種加工ダメージが発生した。この加工ダメージはロッドインチューブ法による一体化時に内部境界面に気泡を発生させ、それがプリフォームに持ち込まれ、結果的に光ファイバの品質悪化の原因となるので、内面粗さを機械加工だけで平滑にするには長時間を要した。

【0012】ところが、上記大型機械研削孔明け加工法の代わりに、例えば株式会社シーエムシー発行（1991年3月10日第1刷）「高純度シリカの応用技術」第105頁図2. 1. 11に示されている方法、すなわち加熱下で炭素ドリルを圧入する加工法（以下「熱間炭素ドリル圧入法」という）を採用すると、前記機械的加工ダメージが解消され内面粗さが20μm以下の石英ガラ

ス管が容易に得られることがわかった。そして、この石英ガラス管とコアガラスロッドとを一体化することにより内部境界面に気泡の発生がない高精度のプリフォームを形成できることを発見した。こうした知見に基づいて本発明は完成したものである。

【0013】本発明は、熱間炭素ドリル圧入法により形成した高精度の大口径、肉厚の石英ガラス管を提供することを目的とする。

【0014】本発明は、量産性に優れ、低コストの光ファイバを製造することができる大型石英ガラスプリフォームを提供することをその目的とする。

【0015】本発明は、熱間炭素ドリル圧入法により高精度の大口径、肉厚の石英ガラス管を製造する方法を提供することをその目的とする。

【0016】本発明は、上記高精度の大口径、肉厚の石英ガラス管を用いて大型石英ガラスプリフォームを製造する方法を提供することをその目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明は、熱間炭素ドリル圧入法により形成された外径50～300mmφ、外径/内径比=1.1～7、厚さ10mm以上、厚さ誤差2%以下の大型石英ガラス管、および前記大型石英ガラス管と光ファイバ用コアガラスロッドとをロッドインチューブ法で一体化してなる大型石英ガラスプリフォームに係り、該大型石英ガラス管は、円柱状の大型石英ガラスインゴットの中心を熱間炭素ドリル圧入法により真円の管状に孔明けして製造でき、また大型石英ガラスプリフォーム前記石英ガラス管と光ファイバ用コアガラスロッドとをロッドインチューブ法で一体化することにより製造される。

【0018】ここで、本明細書で使用する用語について定義する。

1) 「石英ガラス管」とは、高純度の天然石英ガラスまたは合成石英ガラスインゴットからなり、合成石英ガラスにおいては目的に応じOH基コントロール、屈折率コントロールがなされており、石英ガラスインゴットの中心を熱間炭素ドリル圧入法により開孔した後、外周面を機械的に高精度に研削し外径50～300mmφ、外径/内径比=1.1～7、厚さ10mm以上、厚さ誤差2%以下に形成しエッチング後の内面粗さ20μm以下の石英ガラス管をいう。

【0019】2) 「厚さ誤差」とは、所定長さの大型石英管を長手方向に対し例えば5点以上または50～100mm間隔毎に回転させ、その位置での管の厚さ(t)の最大値(t<sub>max</sub>)、最小値(t<sub>min</sub>)としたときの次式の値、すなわち

$$\left\{ \frac{(t_{\max} - t_{\min})}{\{(t_{\max} + t_{\min})/2\}} \right\} \times 100 (\%)$$

で計算し、全長の中での最大値を%で表わした値をいう。

【0020】3) 「光ファイバ用コアガラスロッド」とは、光の伝送部であって、高品位を目的としたシングルモード、マルチモード等の公衆通信用では一部コアと共に合成されたクラッドが添着してあり、更にその上にOVD法による合成クラッドまたは／および石英ガラス管をジャケットしたのも含まれそれだけを線引きしただけでは規格に適したファイバとならないようなガラス棒をいう。

【0021】ロッドインチューブ法に用いる石英ガラス管は、一般に光ファイバ用クラッド管に要求される純度、OH基、屈折率等の品質特性が満足される石英ガラスからなり、外径が50～300mmφ、外径／内径比＝1.1～7程度の大型管である。大型化は石英ガラス管の寸法誤差を小さくし光ファイバの偏芯率を小さくすると共に量産化、低コスト化に有効である。前記外径を有する石英ガラス管、特に外径250～300mmφ、長さ2～5m程度の管は既に製造されている。

【0022】光ファイバ、例えばシングルモードファイバはその断面を図1に示す構造を有している。図1で1はコア、2は光学的クラッド、3はオーバークラッドを示し、aは平均コア径( $d_{core}$ )、bは光学的クラッド径( $d_{clad}$ )、cは光ファイバの外径( $d_{fib}$ )125μmをそれぞれ示す。このシングルモードファイバの

屈折率分布および光のパワー分布の概略図を図2に示す。図2で光学的クラッド部は平均コア径( $d_{core}$ )の外側にあり光のパワー分布が広がっている部分である。そのため光学的クラッド径( $d_{clad}$ )はコアの合成と同時にクラッドも合成し、その厚さはコアの屈折率分布の形状、屈折率差( $\Delta n$ )、ファイバの使用法等の条件に応じて変える必要があり、通常は実績に安全係数をかけた値が採用される。本発明でいう光ファイバ用石英ガラスコアロッドとは図2の光学的クラッド部を含んだ石英ガラス棒をいう。

【0023】ところで、本発明における光ファイバは、大型プリフォームを線引きすることにより形成されるから、光ファイバの外径( $d_{fib}$ )と光学的クラッド径( $d_{clad}$ )との比 $d_{fib}/d_{clad}$ は大型プリフォームの外径( $D_o$ )と内径( $D_i$ )の比 $D_o/D_i$ にほぼ比例することになる。それ故、光ファイバの設計に当っては前記 $D_o/D_i$ を指標として設計する必要がある。例えばシングルモードファイバ(1.3μm波長用)のコア径を9μm、GI型マルチモードファイバのコア径を50μm、光ファイバの外径を125μmとすると、 $D_o/D_i$ は次の表1に示す値となる。

【0024】

【表1】

$d_{cladi}$ ( $\mu$ )	$\frac{d_{cladi}}{d_{core}}$	$(\frac{d_{clado}}{d_{cladi}})$ $\approx (D_o/D_i)$	備 考
9	1	13.89	コア径と光学的クラッド径が同一であり設計的にありえない
18	2	6.94	最低必要な光クラッド層である
27	3	4.63	実用的な範囲
45	5	2.77	"
(50)	(1.0)	(2.50)	(マルチモード用、但しクラッドが若干必要)
(60)	(1.2)	(2.08)	(マルチモードファイバとして実用的範囲)
72	8	1.74	2重～多重ジャケットの場合の範囲
90	10	1.39	"
100	11.1	1.25	"
(114)	12.7	1.10	"
125	13.9	1.00	最外部

注) ( ) はマルチモードの例

【0025】上記表1によれば例えばマルチモードファイバの場合では $D_o/D_i$ が2.5以下、合成クラッドが20%位付着した場合は $d_{cladi}=60\mu m$ 、 $D_o/D_i=2.08$ となる。シングルモードファイバの場合では $D_o/D_i$ が約7以下であれば実用的な光ファイバが得られる。すなわち、1.3 $\mu m$ 帯用(マッチドクラッドタイプ、デプレストタイプ)、1.55 $\mu m$ 帯用、ディスプレイシフトタイプ等のパワー分布は、いずれも約20 $\mu m$ 以下であり、安全率をとると $d_{cladi}/d_{core} \approx 3$ 以上、すなわち $D_o/D_i \leq 4.63$ 以下が実用的範囲となる。また、2重、3重にジャケットした場合はさらに $D_o/D_i$ は低い値となる。したがって、 $D_o/D_i$ を1.1～7の範囲で選択することが実用的な光ファイバを製造する条件となる。もっとも、 $D_o/D_i$ はプリフォームの径の比であるのでロッドインチューブ用の管の場合には管とコアロッドとの間に若干すき間を設け

る必要があるのはいうまでもない。

【0026】一般的に、石英ガラス管の寸法精度は、機械的研削加工、特に大型機械による精密研削加工で向上する。特に、大型孔明け機械として熱間炭素ドリル圧入法を採用すると外径50～300mm $\phi$ 、外径/内径比=1.1～7、長さ2000～3000mm、厚さ10mm以上の石英ガラス管で内面研削、研磨なしで内面粗さが20 $\mu m$ 以下、実際数 $\mu m$ 以下の大型石英ガラス管を容易に形成できる。本発明者等の実験によれば、機械的孔明け等で生じる研削傷、マイクロクラック、ヒビ割れ、加工歪みは全く発生せず、開孔したままの最大径において、熱加工処理なしで平滑な内表面が得られ、ロッドインチューブ後のコアガラスロッドとの境界面に気泡が発生しないことが見出されている。

【0027】前記大型石英ガラス管は、更に形状を測定しながら外周面を正確に研削することにより該大型石英ガラス管の厚さ誤差を正確に2%以下とすることができ

る。厚さをこの誤差範囲にすることにより加熱延伸時に  
おける誤差の増幅がほとんど起こらず、ファイバの偏芯  
率に悪影響を与えることがない。

【0028】熱間炭素ドリル圧入法は、上記利点に加え  
て研削対象インゴットの外径が50mmφ以上になると  
開口部の真円度、真直度等の精度を著しく向上する特徴  
を有する。したがって、外径50mmφ以上の石英ガラ  
スインゴットであれば前記熱間炭素ドリル圧入法で開孔  
することにより外径が300mmφあるいはそれ以上、  
長さが3000mm程度の大口徑管を全長が真直で全て  
の位置で真円の管とすることが可能で、天然石英ガラス  
では既に実用化されている。

【0029】本発明の方法による管の内面不純物は少な  
いので汚染部の機械的削除はほとんど不要である。これ  
はモールド法やルツボ溶融法に比較し石英ガラスと耐熱  
成形材との接触時間が圧倒的に少ないため、耐熱成形材  
からの不純物の付着、残留移行がほとんど起らないこと  
による。また、内面洗浄を行う場合であっても、強エッ  
チングが不要であり、機械的な傷、ヒビ割れ、チッピング  
、歪等の欠陥がないためエッチング後の表面劣化は機  
械加工によるものより非常に少ない特徴がある。熱間圧  
入炭素ドリル法のドリル材としては炭素以外にアルミ  
ナ、タングステン等の耐熱材も利用できる。

【0030】外周研削加工では、外周研削面が直接高温  
部に接近して加熱されるので、その研削条件は上記内周  
研削ほど厳しくしなくてもよいが、光ファイバとなつて  
からの破断強度に影響が出るので弗酸エッチングにより  
鋭い応力集中部を緩和した上、表面粗さを少なくとも2  
00μm以下好ましくは100μm以下にする必要がある。  
このような表面粗さに対しては、半導体インゴット  
や種々のセラミックスの研削加工で実績のある、例えば  
標準の外周研削機または円筒研削盤が利用できる。

【0031】本発明で使用する合成石英ガラスインゴ  
ットの製造方法としては、従来から知られている各種の製  
造方法が利用できる。高温気相ベルヌイ法は合成石英ガ  
ラス中にOH基が800~1200ppm程度多く含ま  
れる。プラズマ法は、OH基含有量の調節は可能である  
が大電力を要しコストが高くなるため、光ファイバ用高  
純度コアガラス等の特殊品の製造に利用されるに過ぎな  
い。

【0032】これに対し、上記直接ガラス化法よりも火  
炎温度を下げて回転する基材（ターゲット）上に原料ガ  
スを吹き付けて多孔質スート材を形成してから脱水処理  
等を行った上、ガラス化するVAD法で製造すると、中  
央のインゴットが良好に製造でき、しかも使用するコア  
ガラスロッドのクラッド部に合わせてOH基や屈折率を  
正確に合わせることができる。本発明の合成石英ガラス  
母材インゴットの製造方法としては最も好ましい。

【0033】本発明の大型石英ガラスプリフォームは、  
石英ガラス管と、コアガラスロッドとを組合わせ、ロ

ドインチューブ法で一体化することにより、光ファイバ  
用の大型石英ガラスプリフォームを製造することができ  
る。もっとも、75mmφ程度の大口徑プリフォームで  
はそのまま直接75mmφの石英ガラス管を用いてプリ  
フォームを作るか、前記大型石英ガラスプリフォームを  
再延伸するかまたはロッドインチューブ工程において石  
英ガラス管とコアガラスロッドとの合体と延伸を同一工  
程で同時に行い、直接目標外径のプリフォームを得るの  
がよい。

【0034】シングルモード用コアガラスロッドではコ  
ア径（a）、カットオフ波長（ $\lambda_c$ ）、デイスパージョ  
ン（ $\lambda_0$ ）の選定が重要である。しかし、近年一段と要  
求される特性が高くなってきたため、作成されたコアガ  
ラスロッドをそのまま利用すると、特性に若干のバラツ  
キを生じることが多い。したがって、コアガラスロッド  
のクラッド厚さを直接合成で付着させるか、比較的肉薄  
の石英ガラス管で一度調節した上で大型石英ガラス管を  
ジャケットし、プリフォームとした後、さらにエッチン  
グ等の微調整を行う。

【0035】

【実施例1】軸付法（VAD法）で大型多孔質スート材  
を作成し、この大型多孔質スート材を電気炉に入れ、V  
AD法でコアガラスの脱水条件を考慮しHe、Cl<sub>2</sub>混  
合ガスによる加熱脱水を行い、ゾーンメルト法により1  
550℃で透明ガラス化し、これを粗研削し、外径96  
mmφ、長さ約820mmの石英ガラスインゴットを得  
た。

【0036】このインゴットを熱間炭素ドリル圧入法を  
用いて中心に孔を明け、さらに寸法精度を高めるため、  
外周を研削し弗酸処理を行い洗浄を行った。この時点で  
の合成石英ガラス管は、外径101mmφ、内径40mm  
φ、外径/内径比=2.525、長さ775mm、重  
さ約11.5kgであった。また、厚さ誤差（ $t_{max}-t_{min}$ ）は0.525mm（1.72%）であった。こ  
の管の内面には機械的な衝撃、切削破壊によるクラッ  
ク、ヒビ割れ、加工歪み等がみられず、内表面粗さ（ $R_{max}$ ）を触針式簡易粗さ計で調べたところ1.2μm以  
下であった。

【0037】一方、VAD法により一部クラッド層が溶  
着された屈折率（ $\Delta n$ ）0.36%の1.3μm用シン  
グルモードコアガラスロッドを準備した。外径制御付精  
密自動延伸機で外径約38mmφに加熱延伸し、該ロ  
ッドの外表面を若干エッチングした後、長さ775mmで  
溶断した。上記合成石英ガラス管にこのコアガラスロ  
ッドを注意深く挿入した後、前記合成石英ガラス管とコア  
ガラスロッドとの各々センターを合わせて両端をダミー  
石英材料に接いだ上、全体を回転させ曲がり、捻じれを  
矯正した。これを縦型電気炉に上部から挿入し、223  
0℃で先端部を溶融させた上、真空ポンプで減圧とし  
た。温度（2000~2800℃）および真空度（20

0～1000mmAq)を各々調整しながら移動速度を変えて、界面気泡条件を調べ、気泡のない条件で、全長を2mm/minでゆっくり移動し、プリフォームを作成した。得られたプリフォームの内部界面には気泡の発生がなかった。本プリフォームの一部を外径約50mmφに加熱延伸しプリフォームアナライザーで調べた結果、石英管とコアガラス界面には屈折率の段差は全く見出されなかった。本プリフォームを線引機で125μmの光ファイバとし特性を調べた結果、偏芯率は0.3μm、1.3μm伝送損失は0.344dB/kmで優れたファイバであった。

#### 【0038】

【実施例2】高純度天然石英ガラスから作られた石英ガラスインゴットの中心を熱間炭素ドリル圧入法により孔明けを行った。次いで、内径中心に合わせて外周を研削し、弗酸エッチング、水洗、乾燥を行った。仕上った管\*

管	$d_o$	$d_i$	$d_o/d_i$	$D_o/D_i$ $d_o/d_i$	内表面 $R_{max}(\mu m)$
熱加工後の管	50	23.3	2.15	1.13	<1
	75	34.4	2.18	1.11	<1
	100	44.6	2.24	1.08	<1
	125	54.2	2.31	1.05	<1
熱加工前の管	150	62	2.42	1.00	<1

【0041】本石英ガラス管の中から外径100mmφの管を選び、VAD法によるシングルモード用光ファイバコアロッドを装着し、ロッドインチューブ法で一体化した。

【0042】チューブの引出し条件と同様、はじめの引出しスタート外径を50mmφ、次いで75mmφ、96mmφの3種を作成した。各寸法のプリフォームを各々輪切りにして研磨し石英ガラス管内とコアロッド外面との融着面を目視で調べたがほとんど気泡は見出せなかった。

【0043】50mmφプリフォームを用いて線引きし、ファイバ特性を調べた結果、偏芯率は0.27μm、1.3μmの伝送損失は0.347dB/kmであった。

#### 【0044】

【発明の効果】本発明の大型石英ガラス管は、熱間炭素ドリル法により開孔したままで光ファイバ用コアガラスロッドと一体化してもロッドとチューブとの境界面に気泡を発生させることがなく、しかも偏芯率も低い高品質

\*は外径150mmφ、内径62mmφ、外径/内径比=2.42、長さ2500mmであり、長さ方向に50mm毎に測定した厚さ誤差は0.35mm(0.79%)であり、内表面粗さ( $R_{max}$ )は1μm以下、外表面粗さ( $R_{max}$ )は85μmであった。また本石英ガラスを赤外分光光度計で2.7μmの吸収帯を調べたところ、平均166ppmのOH基を含んでいた。

【0039】次に、上記石英ガラス管を縦型電気炉に投入し、2250℃まで温度を上げて下端部を熔封した。上端部より空気で加圧調整しながら延伸し外径、内径、厚さを調べ外径50mmφ、75mmφ、100mmφ、125mmφの石英ガラス管を作成した。各石英ガラス管の寸法は表2のとおりである。

#### 【0040】

#### 【表2】

の大型プリフォームを提供できる石英ガラス管である。前記高品質の石英ガラス管から作製された大型プリフォームを線引きすることにより高品位の光ファイバが、量産化できると共に、低コスト化も図られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】シングルモードファイバの横断面図である。

【図2】シングルモードファイバの屈折率分布および光のパワー分布の概念図である。

【図3】熱間炭素ドリル圧入法による大型石英ガラス管の想像方法の概略図である。

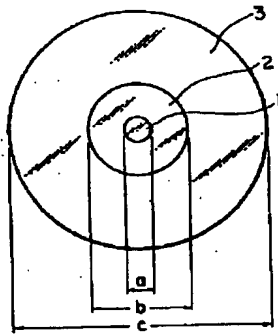
#### 【符号の説明】

- 1 コア
- 2 光学的クラッド
- 3 オーバークラッド
- 4 円柱状石英ガラスインゴット
- 5 炭素ドリル
- 12 石英ガラス管
- 13 加熱ヒーター
- a コア径

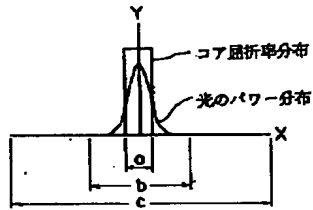
13

b 光学的クラッド径

【図1】



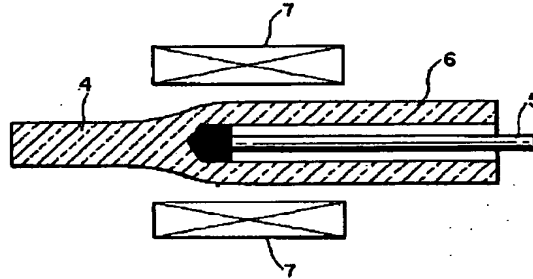
【図2】



14

c 光ファイバの外径

【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 横川 清  
 福島県郡山市田村町金屋字川久保88 信越  
 石英株式会社郡山工場内

(72)発明者 青山 雅明  
 福島県郡山市田村町金屋字川久保88 信越  
 石英株式会社郡山工場内

(72)発明者 鈴木 正則  
 福島県郡山市田村町金屋字川久保88 信越  
 石英株式会社郡山工場内

(72)発明者 加藤 俊幸  
 福島県郡山市田村町金屋字川久保88 信越  
 石英株式会社郡山工場内

(72)発明者 渡部 豊  
 福島県郡山市田村町金屋字川久保88 信越  
 石英株式会社郡山工場内

(72)発明者 ゲアハルト・フィルスマイヤー  
 ドイツ連邦共和国・8750 アシヤフェン  
 ルグ・プサードウエグ 42



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.